

北海道開発局 土木試験所 正員 井出康郎

1. はじめに

実河川において洪水流の流れを捉える方法として航空機による洪水流航測があり、洪水時の空中写真から得られる情報としては、水面における種々の水理量（流速，流向，流線，乱流模様，渦，浮遊砂濃度分布etc）が挙げられる。これらの情報は、洪水流において浮遊する泡や乱れに伴う懸濁物質の濃度差が、微小時間差で撮影された空中写真からカメロン効果により求められる。模型実験においては、一般に、小型流速計により、流速，流向等が測定される場合が多いが、これらは1つの点情報にすぎず、平面的な拡がりをつ捉えようとすることは数多くの測点を設定せねばならず、多大の労力・費用を要し、また同時性に欠ける。

そこで本報は、航測の原理を用いて手軽に使用できる非航測用35mmカメラを使用した流速測定について、模型実験に適用した結果について述べるものである。

2. 流速解析法

(1) 等流速分布解析：空中写真による流速測定は、カメロン効果の原理を用いている。図-1において、カメラAが O_1 で撮影した後、 V の速度で t 秒後にカメラBが O_2 で撮影すれば、その間に水面の浮標識 F は速度 U で F_1 あるいは F_2 に達する。この写真を立体視すれば浮標識は F_1' あるいは F_2' にあるように見え、水面は流れの方向に応じて陥没、隆起して見え、水面の流速に応じてその高低差（ Δh ）が変化する。従って、高低差を測ることにより流速（ U ）が算出され、等流速線が解析できる。

(2) ベクトル解析：等流速解析がカメロン効果による偽視差の測定から流速を求めるのに対し、ベクトル解析はA，B2台のカメラによる個々の写真上の浮標識の位置を測定し、同一浮標識の移動量と時間差から流速，流向を求めるものである。

(3) 実験方法：実験は土木試験所で実施されている水理模型上で行った。小型カメラによる空中写真の撮影方法は、ケーブル，気球，ラジコン飛行機・ヘリコプター等の利用も考えられるが、気象条件及び操作性等を考慮した結果、カメラの位置制御が確実で機動性に優れたトラッククレーンを使用した。撮影手順としては、2個のカメラをジャイロフレームに装着し、基線バーの両端にとりつけ、トラッククレーンで吊り上げ、水面上に浮標識として泡沫発生剤（液性洗剤）を散布し、時間差駆動装置により上流側から下流側へ撮影する（図-2，写-1参照）。なお、表-1に撮影諸元を示す。

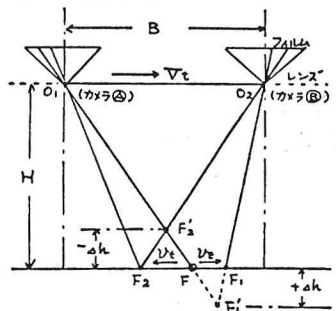


図-1 カメロン効果

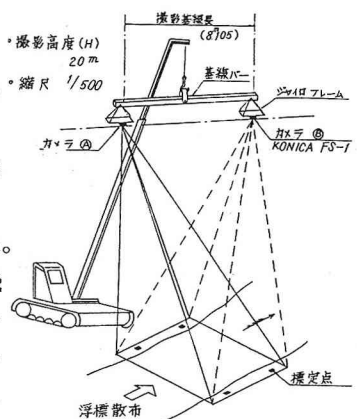


図-2 撮影方法

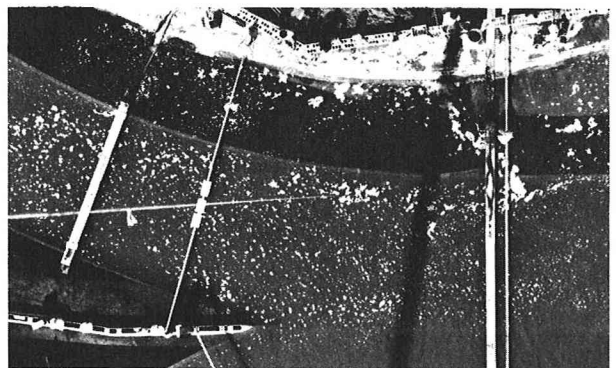


写真-1

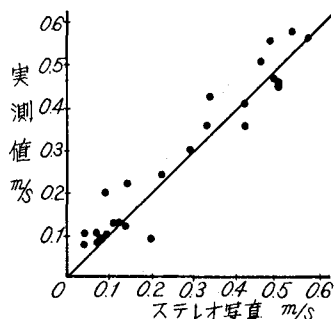


図 - 3

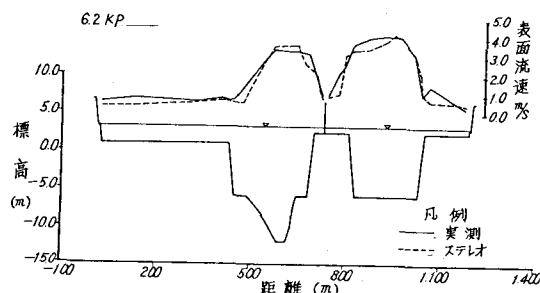


図 - 4 表面流速横断分布図

3. 結果

図 - 3 に写真測量による流速測定値、流速計実測値 (14mmプロベラ式) をプロットした結果を示すが、両者の間には若干の較差が生じているもののほぼ一致した値を示している。図 - 4 は模型実験における表面流速の横断分布を示したもので、写真測量値および実測値とも横断的にはほぼ同様の値を示している。また、図 - 5 は等流速線分布を示したもので、写真解析により分流部の複雑な流況の解析が可能であり、模型実験において平面的流況を把握する上で非常に有効な方法であるといえる。なお、流速計との比較で較差が生じている原因としては、①流速計の位置と写真上の浮標の位置が一致していないこと。②測定水深が異なること。即ち、写真解析は水面上の値であり、流速計は水中での値で、更に表面は風の影響を受け易いことなど。③測量誤差によるもの。即ち、写真解析も流速計も測定時に誤差を伴っている。とくに非航測用カメラを用いたことにより、レンズの歪による誤差が大きいものと判断されること。などが挙げられる。しかし、非航測用35mmカメラは幾何学的歪は宿命的なものであるが、手軽さ、機能性、経済性を考えれば現状では十分であるといえる。

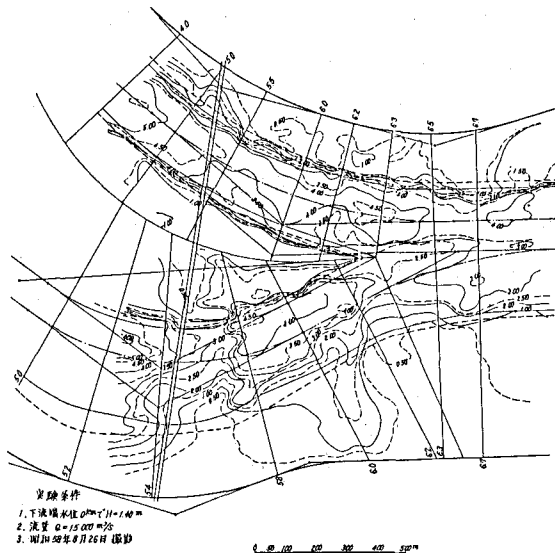


図 - 5 等流速線分布図

表 - 1 実験諸元

日 時	昭和58年8月26日
場 所	石狩実験場内 水理模型 縮尺1/50
実験流量	15.000 m ³ /sec (模型実流量 0.8485 m ³ /sec)
準備作業	標定点測量 対空標識設置
撮影諸元	撮影高度(H) = 19.70 m 縮尺(S) = 1/500 撮影基線長(B) = 8.105 m ④ ⑤ カメラの作動時間差 = 0.3
撮影機器	カメラ×2 ジヤイロフレーム×2 基線バー×1 時間差作動装置×1 無線装置×1 トラッククレーン×1
浮標材料	液性洗剤溶液 散布器:じょうろ
写真処理	フィルム現像機 印画紙現像機 SEG-V 偏位修正機
測定機器	ステレオプロッター A-8 (座標読み取り自動システム NEC-9801

4. おわりに

模型実験において写真測量による流速解析法は、平面的拡がりをもつ洪水流の挙動を瞬時に広範に亘り測定できる利点を有することから、とくに、分・合流部、急縮、急拡、湾曲部といった複雑な流況の解析、ならびに測定の同時性を要求される不定流実験、移動床実験等において非常に有効な手段であると判断される。今後、レンズの歪補正などを行い、解析精度の向上および解析技術の自動化等を図っていくことが必要であろう。